

下村裕子\*・栗山悦子\*:  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線照射食品の組織変化に  
関する研究 (1) 発芽抑制したジャガイモ  
の休眠芽について

Hiroko SHIMOMURA\* and Etsuko KURIYAMA\*: The  
morphological and histological effects of  $^{60}\text{Co}$   
 $\gamma$ -rays (1). Dormant buds of potato tuber

原子力平和利用の一環として、近年食品の貯蔵のために放射線照射法が用いられる。ジャガイモについては1954年 A. H. Sparrow<sup>1)</sup> が  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  線照射による発芽抑制を見出して以来、その安全性が検討され、ソ連、カナダおよびアメリカではすでにジャガイモの芽止めの目的で放射線の使用が許可されている。わが国でもここ数年来、放射線により発芽抑制した国産ジャガイモの安全性および栄養学的研究<sup>2)</sup> が行なわれているが、これに併行して休眠芽の照射による発芽抑制の組織的变化の状態を観察し、照射された放射線の量を推定し得るのではないかと考え、本実験を行なった結果、若干の知見を得たので報告する。

なお放射線による植物組織の変化を取扱った研究は近年多数みられるが、ジャガイモについては緒方<sup>3)</sup> が、「タマネギは照射によって内芽が褐変枯死することにより発芽が抑制されるが、ジャガイモの芽ではそのような変化はなく休眠延長の外観をとる」と述べているにすぎない。

### 実 験 の 部

材料：市場性の多い3品種すなわち農林、男爵、島原（以下N, D, Sの略号で示す）を選び、Table 1 に示す照射時期にTable 2 の照射条件で7,000, 15,000, 30,000 rad 照射したものを得、これらと非照射の対照品とを約10°Cの低温室内に保存したものを用いた。これら材料は本文ならびに図の記載に際し、D-0（男爵 zero rad 照射、すなわち非照射品）、D-30（男爵 30,000 rad 照射品）のごとく品種略号と照射線量を組み合わせた略号を用いて標示する。

### 実 験 と 結 果

A. 外部形態 各照射品と非照射品の標準的大きさの塊茎に生ずる芽の変化を照射

\* 東京薬科大学女子部 Tokyo College of Pharmacy, Women's Division, Sakuragi, Daito, Tokyo, Japan.

Table 1

Material	Habitat	Harvest	Irradiation
Nôrin 農林 (N)	北海道 河東郡 士幌町	1968. 9. 25	1968. 11. 12-14
Danshaku 男爵 (D)	北海道 空知郡 上富良野町	1968. 9. 25 1969. 9. 15-20	1968. 11. 12-14 1969. 10. 28
Shimabara 島原 (S)	長崎県 南高来郡 愛野町	1969. 6. 27-28	1969. 7. 8

Table 2

Dose	7,000 rad	15,000 rad	30,000 rad
Dosage rate	$1 \times 10^5$ R/hr.	$1 \times 10^5$ R/hr.	$1 \times 10^5$ R/hr.
Hour	4 min. 20 sec.	9 min.	18 min.

(注) イオンを均一化するため途中で材料を 180° 回転

後 1, 3 および 6 ケ月経過時に観察した。Fig. 1 に接芽 ( $D0_1$ ,  $D0_2$ ,  $D30$ ) によるものと実体顕微鏡下 ( $D7$ ) で撮影した写真を示す。

1 ケ月経過時：非照射品 (Fig. 1  $D0_1$ )、塊茎の外面に見られる 2/5 葉序を示すくぼみにはすでに直径約 5 mm、高さ約 3 mm の白い芽が発達し、その生長点は 2/5 葉序を示す約 10 枚のりん片状の幼葉 (ylf)\* によって密におおわれる。また基部には側根 (rol) の発根を示す多数のふくらみを認める。照射品ではいずれもこの様な芽は全く見られないが、入念に水洗して土を除くと直径約 1 mm の白い小さい芽 (Fig. 1  $D30$  bu) が認められる。それらの生長点 (Fig. 1  $D7$  gp) は露出し、平板状あるいはすり鉢状に中央がややくぼみ、その周囲に約 5 枚の丸くふくらんだ幼葉 (Fig. 1  $D7$  ylf<sub>1</sub>)、さらにその外側に薄いらん片状の幼葉 (Fig. 1  $D7$  ylf<sub>2</sub>) が取り囲み梅花状を呈している。露出する生長点部分は照射による変化のはげしい  $S-30$  ではルーペ視によって明らかに生長点の褐変 (後述の壊死すなわちネクロシスに相当する部分) を、 $S-15$ ,  $D-30$ ,  $D-15$  では部分的褐変を認め得るが、 $S-7$ ,  $D-7$  では褐変はほとんど認められない。直径 1 mm にみえないごく小形の芽のうちには生長点をかこむふくらんだ幼葉が認められず、一見非照射品の発芽当初の外観を示すものもあるが、この種の芽も生長点部分は梅花状を呈している芽と同様の変化を起こしている。

\* Abbreviations used in text-figures are as follows:—bu: bud, cop: corpus gp: growing point, lfp: leaf primordia, nca: cell adjacent to necrosis, ncr: necrosis, prc: procambium, rol: lateral root, tun: tunica, ylf: young leaf.

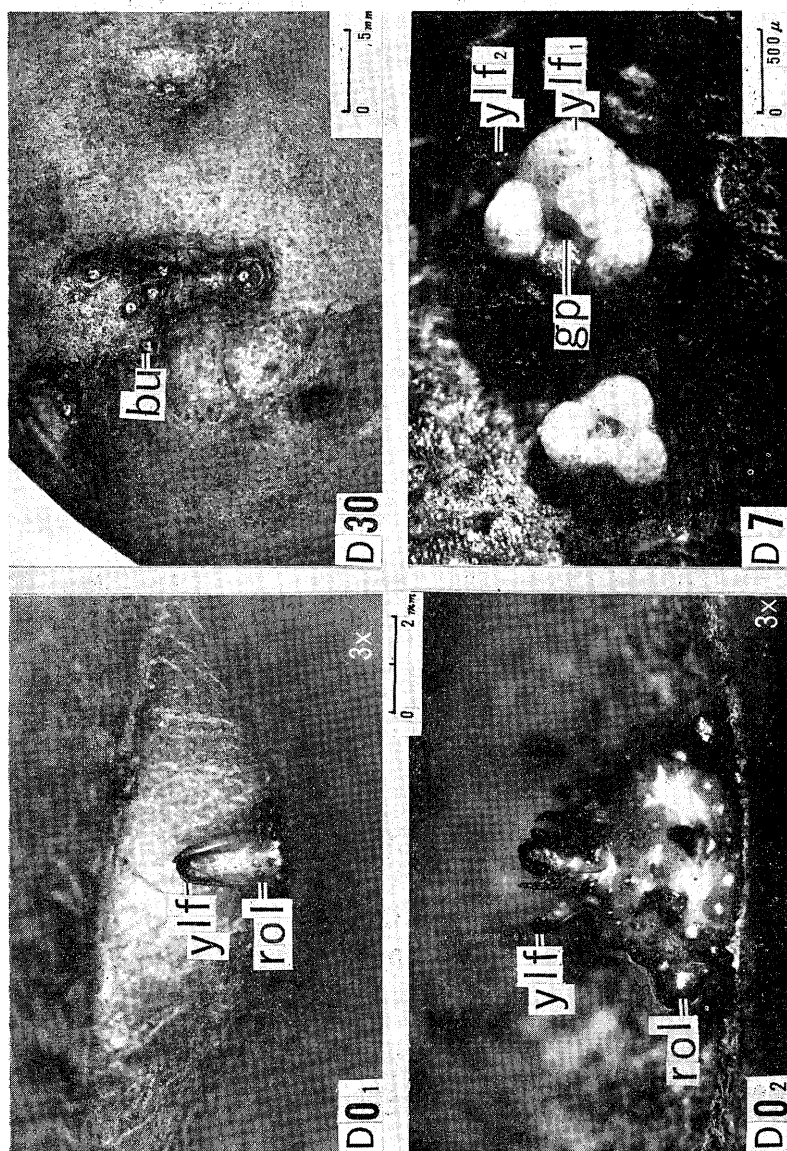


Fig. 1. "Danshaku" (男爵). Bud on potato tuber. D0: control, D30: dosage 30,000 rad, D7: 7,000 rad. D01, D30, D7: 1 month after irradiation, D02: 3 months. D7: magnified by dissecting microscope.

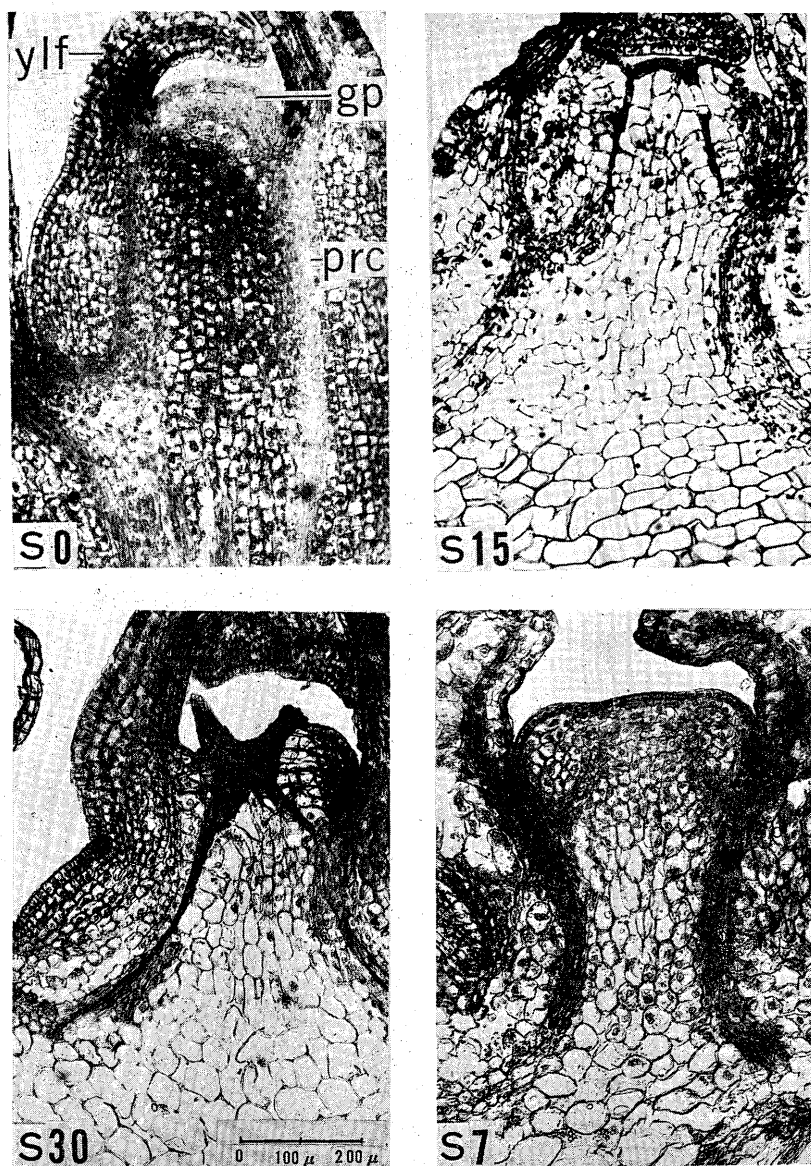


Fig. 2. "Shimabara" (島原). Median longitudinal section through growing point 1 month after irradiation. S0: control, S30: dosage 30,000 rad, S15: 15,000 rad, S7: 7,000 rad.

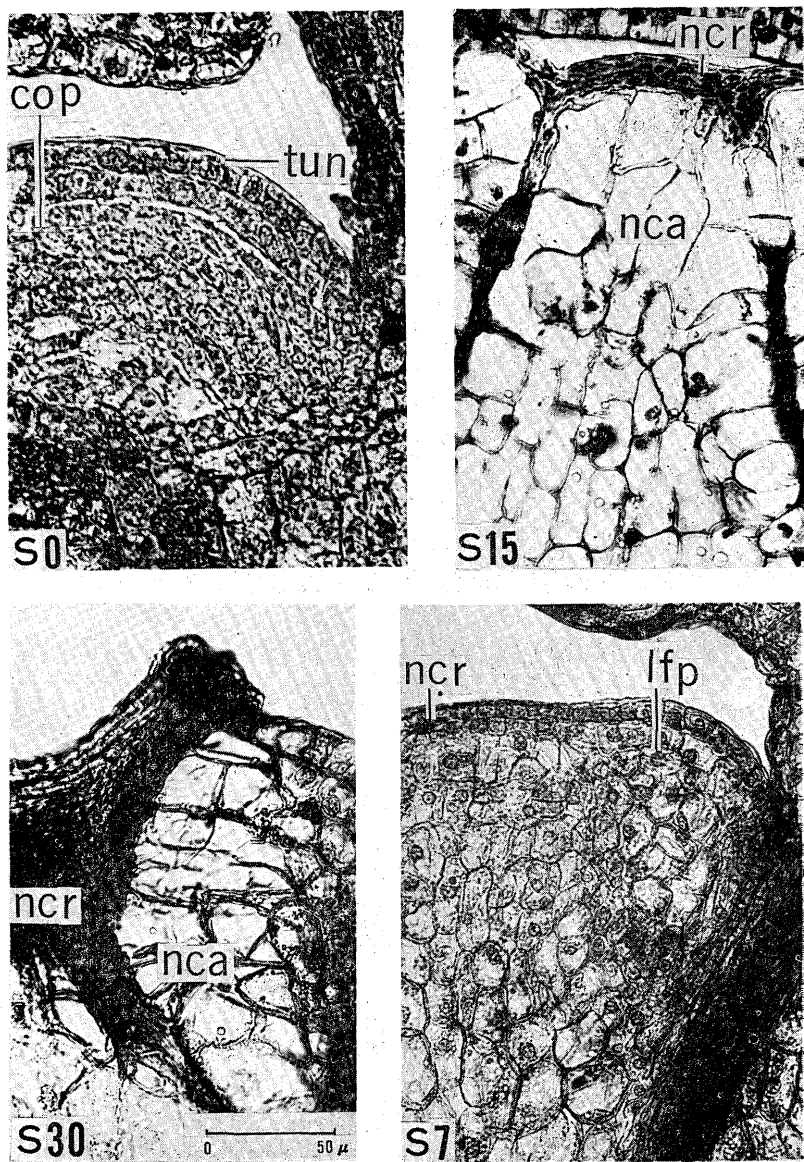


Fig. 3. Highly magnified view of growing point of Fig. 2.

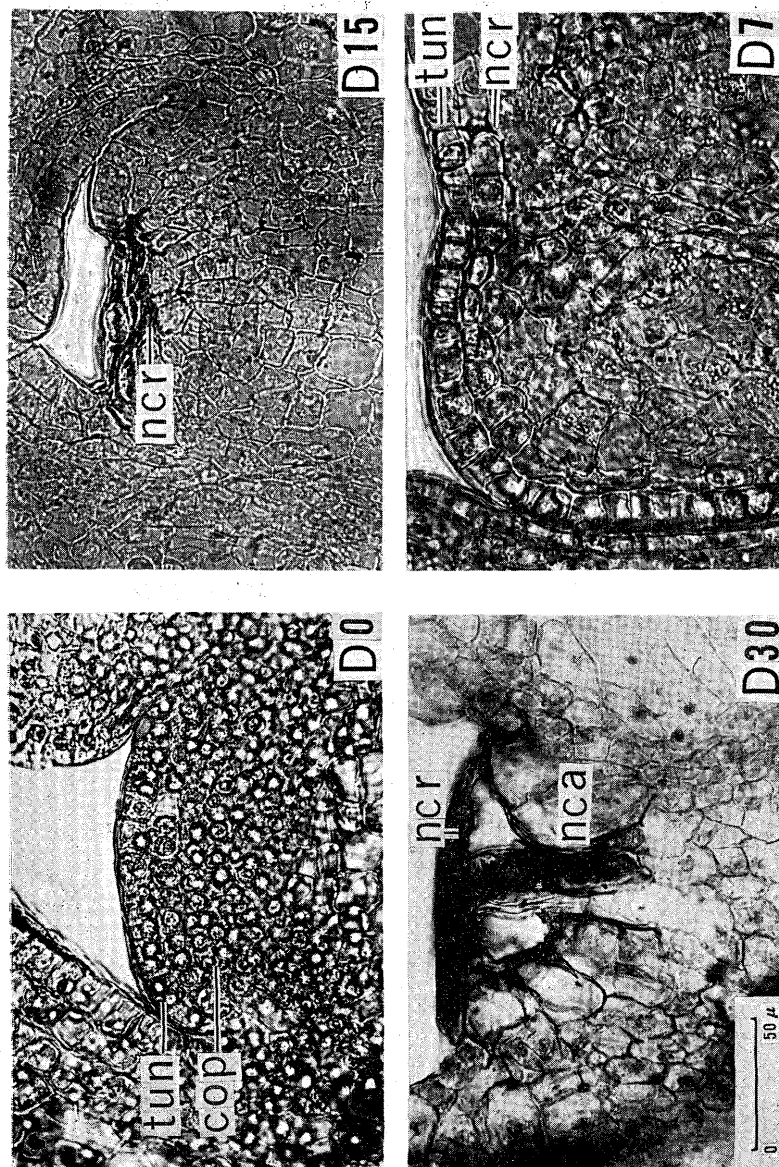


Fig. 4. "Danshaku" (男爵). Median longitudinal section through growing point 1 month after irradiation.  
D0: control, D30: 30,000, D15: 15,000 rad, D7: 7,000 rad.

3ヶ月経過時：非照射品の芽 (Fig. 1 D0<sub>2</sub>) は1~数 cm に発達、照射品はいずれも1ヶ月経過時の外観とほぼ同様である。

6ヶ月経過時：非照射品の茎は伸長分枝する。S-30, D-30, S-15, D-15 の芽はい縮、褐変をきたすものが多いが、S-7, D-7 ではこの様な変化は認められず、1ヶ月経過時とほぼ同様であり、さらにごく稀には生長点に接する丸くふくらんだ幼葉の内側から不定芽の発達をみることがある。

B. 内部形態 塊茎を放射縦断する方向で芽の生長点を通る厚さ約 10 $\mu$  の縦断切片を作成しその組織変化を観察した。Fig. 2~4 に示す写真は“島原” (Fig. 2, 3 S0, S30, S15, S7) および“男爵” (Fig. 4 D0, D30, D15, D7) の芽の縦断を100倍 (Fig. 2), 生長点部分をさらに400倍 (Fig. 3, 4) の顕微鏡下で撮影したものである。

1ヶ月経過時：非照射品 (Fig. 2, 3 S0, Fig. 4 D0) の生長点はドーム状でその構造は2細胞層の外衣 tunica (tun) および3細胞層の内体 corpus (cop) からなり、葉原基 leaf primordia (lfp) の出現は外衣第2層目の細胞の並層分裂 periclinal division によって知ることが出来る。外衣と内体からなる生長点の5細胞層の層状構造は葉原基の出現に伴い次第に変化し、外衣の2細胞層のみを残し内体の層状構造はくずれる<sup>4)</sup>。内体中央下部の細胞群は次第に随に移行し、内体の辺縁部分は前形成層 (prc) 部分の細胞条を経て次第に維管束を形成し塊茎の維管束へと合する。外衣、内体、随へ続く細胞群などの細胞はほぼ等径性で、これらおよび前形成層の長方形の細胞は酢酸メチルグリーン液、デラフィールド氏ヘマトキシリン液で良く染色され、フォイルゲン核染色反応を示す。

S-30 (Fig. 2, 3 S30) では非照射品に見られたドーム状の生長点ははげしいネクロシス (ncr) を起こし、すりばち状に落ち込む。外衣、内体、随へ続く細胞群、前形成層の細胞条および生長点に近接する2-3枚の幼葉の内側の数細胞層はネクロシスのために縮して黄褐色となる。ネクロシスに接する1-2層の細胞は放射方向に引き伸ばされ著しく目立つ大形の細胞 (nca) となり膜質は変化し、核の存在は不明瞭となるが、これに続く下方の細胞には明らかに核を認めることが出来る。

S-15 (Fig. 2, 3 S15) では生長点は平たくなりネクロシスの程度は少なく、外衣、内体、内体に近接する部分の前形成層に限られるが、ネクロシスに接する周囲の1-2層の細胞は S-30 の場合とほぼ同様の形態をとる。

S-7 (Fig. 2, 3 S7) では生長点は葉原基 (lfp) を含んだ広い平板状となり、外衣を構成する細胞の形は S-0 に比し扁平となるが、核の存在は明瞭である。ネクロシスはごく稀に外衣の第2層の1~数細胞に黄褐色の変化 (Fig. 3 S7 ncr) として認められる程度で、これに接する内体の第1層の細胞はやや引き伸ばされるが膜質の変化は認められない。

D-30 (Fig. 4 D30) ではネクロシスの起こる部分は S-15 とほぼ同様であるが、

変化の程度は芽による個体差がある。ネクローシスに接する細胞は S-30, S-15 に類似する。

D-15 (Fig. 4 D15) 変化の程度に個体差があり、ネクローシスは主に外衣第 2 層目に起こり、その周辺の細胞は膜質の変化を示さない。

D-7 (Fig. 4 D7) 生長点は S-7 に類似し平板状を示すが、外衣を構成する細胞の形は扁平とならず D-0 に近い形を示しほぼ等径性である。ネクローシスは S-7 と同様にごく稀に外衣の第 2 層の 1~2 細胞に黄褐色の変化として認められるが、これに接する細胞の膜質の変化は認められない。

6ヶ月経過時: S-30, D-30, S-15, D-15, はいずれも生長点付近の幼葉は褐変するが、ネクローシスおよびその周辺部の著しい変化は認められない。

S-7, D-7 では内体第 1 層の細胞が上下に引き伸ばされ長方形となるが膜質の変化は認められない。

ネクローシスおよびその付近の膜質の反応: S-30, D-30, S-15, D-15 などの、ネクローシスを起こし圧縮された外衣および内体の細胞(ncr)中には酢酸メチルグリーン液で染色され、フォイルゲン核染色反応陽性のため核と推測される物質の存在を認める。ネクローシスに接し大形に引き伸ばされた細胞(nca)の膜質はフロログルシン・塩酸反応、塩化亜鉛・ヨウ素試液およびスダンⅢ液の反応により部分的に木化およびコルク化を認めた。

組織の変化の形: 以上の結果を総合すると次の 4 型となる。

(1) “島原” 30,000 rad 照射品 (S-30): ネクローシスの範囲は広く、それに接する大形の細胞に膜質の変化を認める。

(2) “島原” 15,000 rad (S-15), “男爵” 30,000 rad 照射品 (D-30): ネクローシスは生長点付近に限られ、それに接する大形の細胞の膜質の変化を認める。

(3) “男爵” 15,000 rad 照射品 (D-15): ネクローシスは生長点部分に限られ、それに接する細胞に膜質の変化は認められない。

(4) “島原”, “男爵” の 7,000 rad 照射品 (S-7, D-7): ネクローシスは外衣第 2 層目の数細胞に限られこれに接する細胞には膜質の変化は認められない。

“農林” の変化の形は “男爵” に準ずるものであった。

## 考 察

(i) 発芽抑制効果を示す線量: 本実験の条件下の外部形態的観察では、照射による発芽抑制の効果はいずれの場合にも認められ、照射品に生じたごく小形の芽 (Fig. 1 D30 bu) は照射線量の差による形態的な差をほとんど示さず、非照射品のような生長をすることもないので発芽抑制に必要な線量は 7,000 rad でも可能ではあるが、実用化に際し確実な効果を期待するためには内部形態的な観察からネクローシスの起こる



範囲を考え合せると 15,000 rad がより好ましい。

(ii) 品種および照射時期の問題：“男爵”や“農林”に見られるネクロシスの程度と“島原”のネクロシスの程度の差は品種のちがいというよりは収穫後照射迄の時間の差すなわち Table 1 に見る“男爵”や“農林”では約 45 日，“島原”では約 10 日，という差による要因が主となると推察されるのでこの点については目下検討中である。

(iii) 照射線量の推定：7,000 rad 照射品はいずれの品種でもネクロシスが外衣第 2 層目の数細胞にのみ起こることおよびその周辺の細胞の膜質の変化が認められないという点から他の高線量の照射品と明らかに区別することが出来る。

高線量の場合の組織変化も (ii) の検討がなされれば 30,000, 15,000 rad 照射のいずれであるかを推定することが可能になると思われる。

本実験に多大の援助を賜った国立栄養研究所の岩尾裕之，高居百合子両博士，実験に協力された西尾美智子氏に深甚の謝意を表する。

本研究費の一部は科学技術庁特別科学研究調整費によったものである。

### Literature Cited

- 1) A. H. Sparrow: *Nucleonicus* 12, No. 8, 16 (1954).      2) 高居・八渡・下村・栗山・岩尾：国立栄養研究所研究報告 p 79, 1969 年.      3) 緒方・岩田・茶珍：第 4 回アイソトープ会議報文集 p. 1045 (1961).      4) L. M. Sussex: *Phytomorphology* 5: 253-273, (1955).

### Summary

The effect of  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -rays of 7,000, 15,000, and 30,000 rad on potato's dormant buds was examined with three forms on the market, named “Nôrin” (農林), “Danshaku” (男爵), and “Shimabara” (島原) (Table 1).

#### (1) Morphological effect:

One month after irradiation, normal buds developed in the control tuber (Fig. 1, D0<sub>1</sub>), while sprouting was inhibited in the irradiated samples. The growing points on the irradiated samples were not covered by young scaley leaves as D0<sub>1</sub>lf, and they were surrounded by swollen and deformed leaves (Fig. 1, D7y1f<sub>1</sub>).

(2) Two abnormal types of histological effect appeared according to radiation dose, as follows:

(i) Samples irradiated with 30,000 or 15,000 rad showed necrosis of apical region, namely, tunica, corpus, procambium, and other tissues. Cells ad-

jacent to necrotic area were enlarged, and their walls were partially lignified and suberized (Figs. 2 and 3, S30, S15, Fig. 4, D30, D15).

(ii) Samples irradiated with 7,000 rad showed necrosis only in one or two cells in the secondary layer of tunica (Fig. 3, S7ncr, Fig. 4, D7ncr).

□Hansen, B. & K. Rahn: **Determination of Angiosperm families by means of a punchedcard system.**

これは Dansk Bot. Ark. 26 (1) 1969 の 1 号分 45 ページがテキストで、本体をなすカード (はがき大) 172 枚が付録になって箱にはいったものである。このカードには横 20 列, 縦 25 行, 合計 500 個の直径約 3 mm の円が並んでいて, どれが何番かすぐわかるようになっている。この円が被子植物の各科を代表していて, 249 ならキンポウゲ科といった工合である。172 枚のカードは一つ一つ形質を示していて, 1 のカードは木本, 2 は草本, 3 は水生, 10 は腺毛あり, 12 は星状毛あり, 20 は対生葉または輪生葉, 21 は互生葉, 25 は複葉, 26 は羽状複葉, 27 は三出葉, などというように指定されていて, 40 まだが葉について, ついで 41~49 が花序, 54~59 が花床や花盤のこと, 60~69 が花被, 70~80 ががく, 81~97 が花弁, 99~127 が雄ずい関係, 128~153 が雌ずい関係, 154~166 が果実と種子関係, 167~172 が地理的分布というようになっている。これらの形質がカードの右肩に印刷してあって, その形質をもつ科の円が打ち抜かれて孔になっている。たとえば 38 番のカード “葉に小舌あり” には 8 個の孔が, 47 番 “花序は頭状” には約 70 個の孔があいている。

このカードを使う人は, まずその植物をよく調べて, 172 枚のカードのうちから該当する形質のものを選び出す。選び出された何枚かのカードをきちんと揃えて重ねる。そして灯火にかざして見る。そうすると一つまたはいくつかの孔が透けて見える。それが目指す科の番号である。花など十分な資料がある場合には一つの孔にしぼられ, 不十分な場合には複数個の答が出るわけである。科の番号は表からたどちに科の名がわかるが, 科の名前は Hutchinson 1959 によっていて, Engler の Syllabus 1964, Bentham & Hooker 1867~1880, Engler の Pflanzenfamilien 第 1 版も使えるようになっている。

検索表というものは便利でよく使われるが, 被子植物全体というような大きなものになると 100 ページ以上になるものもあって非常に使いにくい。ことに花の時期を失したり, 雄花だけしかなかったりして, 検索の途中で糸が切れるとどうしようもなく, ことに検索の最初のころにそのような形質が出たりするとお手上げである。この点この孔カード方式はどこからでも始められ, どの形質も生きて使えるし, 欠けた形質があってもそれなりに (答が複数で出ても手がかりになる) 使えるという便利なものである。これまでによくまとめ上げたものだと感心するわけであるが, すごく大きな表を作ってそれに前記の諸著者のデータを記入し, かみりきりで 2 年かゝったと緒言に書いてあるが, 変わった書物というべきものである。

(伊藤 洋)